



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000125293 A**(43) Date of publication of application: **28.04.00**

(51) Int. Cl.

H04N 7/24
H03M 7/30
H04N 1/41

(21) Application number: **10294011**(22) Date of filing: **15.10.98**(71) Applicant: **SONY CORP**

(72) Inventor: **KIMURA SEIJI**
FUKUHARA TAKAHIRO

(54) **WAVELET DECODER AND ITS METHOD**

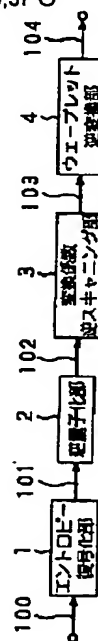
magnification.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2000,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To decode an image signal that is compression-coded by adopting wavelet transform for the transform system with resolution of an optional rational number.

SOLUTION: The decoder is provided with an entropy decoding section 1 that applies entropy decoding to a coded bit stream 100 to output a quantization coefficient, an inverse quantization section 2 that applies inverse quantization to a quantization coefficient 101 to output a transform coefficient 102, a transform coefficient inverse scanning section 3 that scans the transform coefficient 102 by a prescribed method to rearrange the transform coefficients, and a wavelet inverse transform section 4 that applies inverse transform to the transform coefficient 103 to provide a decoded image. The wavelet inverse transform section 4 has a band limit means of the transform coefficient in response to a resolution transform magnification and configures any or a plurality of up-sampler, down-sampler, and a composite filter adaptively according to the prescribed resolution transform



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-125293

(P2000-125293A)

(43) 公開日 平成12年4月28日 (2000.4.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
H 0 4 N	7/24	H 0 4 N 7/13	Z 5 C 0 5 9
H 0 3 M	7/30	H 0 3 M 7/30	A 5 C 0 7 8
H 0 4 N	1/41	H 0 4 N 1/41	B 5 J 0 6 4

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平10-294011

(22) 出願日 平成10年10月15日 (1998. 10. 15)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号

(72) 発明者 木村 青司

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号 ソニー株式会社内

(72) 発明者 福原 隆浩

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100067736

弁理士 小池 晃 (外2名)

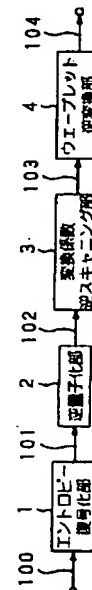
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ウェーブレット復号化装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 変換方式にウェーブレット変換を用いて圧縮符号化がなされた画像信号を、任意有理数の解像度でデコード（復号化）可能とする。

【解決手段】 符号化ビットストリーム100をエントロピー復号化して量子化係数を送出するエントロピー復号化部1と、量子化係数101を逆量子化して変換係数102を送出する逆量子化部2と、変換係数102を所定の方法でスキミングして変換係数を並び換える変換係数逆スキミング部3と、変換係数103を逆変換して復号画像を供するウェーブレット逆変換部4とを備え、ウェーブレット逆変換部4は、解像度変換倍率に応じて変換係数の帯域制限手段を有し、所定の解像度変換倍率に応じてアップサンプラ、ダウンサンプラ、合成フィルタの何れか又は複数を適応的に構成してなる備えてなる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 符号化ビットストリームをエントロピー復号化して量子化係数を送出するエントロピー復号化手段と、

上記量子化係数を逆量子化して変換係数を送出する逆量子化手段と、

上記変換係数を所定の方法でスキニングして変換係数を並び換える変換係数逆スキニング手段と、

上記並び換えられた変換係数を逆変換して復号画像を供するウェーブレット逆変換手段とを備え、

上記ウェーブレット逆変換手段は、解像度変換倍率に応じて変換係数の帯域制限を行う帯域制限手段を有し、所定の解像度変換倍率に応じてアップサンブラ、ダウンサンブラ、合成フィルタの何れか又は複数を適応的に構成してなることを特徴とするウェーブレット復号化装置。

【請求項2】 上記帯域制限手段は、高域成分の変換係数の持つ帯域幅を制限することを特徴とする請求項1記載のウェーブレット復号化装置。

【請求項3】 解像度変換が縮小であるとき、上記帯域制限手段は縮小率を規範として制限すべき帯域幅を決定し、当該決定の際には上記縮小率で与えられる有効帯域幅とウェーブレット逆変換の際に用いる帯域幅との差を最小とすることを特徴とする請求項1記載のウェーブレット復号化装置。

【請求項4】 上記帯域制限手段は上記高域成分の変換係数に対するアップサンブラ及び合成フィルタの前段部に配置してなることを特徴とする請求項2記載のウェーブレット復号化装置。

【請求項5】 上記帯域制限手段は高域成分の変換係数のアップサンブラ及び合成フィルタの後段部に配置してなることを特徴とする請求項2記載のウェーブレット復号化装置。

【請求項6】 上記帯域制限手段としてハイパスフィルタを用い、復号化された高域成分の変換係数が持つ帯域で低域側のみを抽出することを特徴とする請求項4記載のウェーブレット復号化装置。

【請求項7】 上記帯域制限手段としてバンドパスフィルタを用い、復号化された高域成分の変換係数が持つ帯域で低域側のみを抽出することを特徴とする請求項5記載のウェーブレット復号化装置。

【請求項8】 上記ウェーブレット逆変換手段の最終段には、縮小率に応じたダウンサンブラを配置してなることを特徴とする請求項1記載のウェーブレット復号化装置。

【請求項9】 符号化ビットストリームをエントロピー復号化して量子化係数を送出し、

上記量子化係数を逆量子化して変換係数を送出し、

上記変換係数を所定の方法でスキニングして変換係数を並び換え、

上記並び換えられた変換係数を逆変換して復号画像を生

成し、

上記ウェーブレット逆変換の際には、解像度変換倍率に応じて変換係数の帯域制限を行うと共に、所定の解像度変換倍率に応じてアップサンプリング、ダウンサンプリング、合成フィルタリングの何れか又は複数を適応的に行うことを特徴とするウェーブレット復号化方法。

【請求項10】 上記帯域制限の際には、高域成分の変換係数の持つ帯域幅を制限することを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号化方法。

10 【請求項11】 解像度変換が縮小であるとき、上記帯域制限の際には縮小率を規範として制限すべき帯域幅を決定し、当該決定の際には上記縮小率で与えられる有効帯域幅とウェーブレット逆変換の際に用いる帯域幅との差を最小とすることを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号化方法。

【請求項12】 上記帯域制限は、上記高域成分の変換係数に対するアップサンプリング及び合成フィルタリングの前段部にて行うことを特徴とする請求項10記載のウェーブレット復号化方法。

20 【請求項13】 上記帯域制限は、上記高域成分の変換係数のアップサンプリング及び合成フィルタリングの後段部にて行うことを特徴とする請求項10記載のウェーブレット復号化方法。

【請求項14】 上記帯域制限の際にはハイパスフィルタリングを行い、復号化された高域成分の変換係数が持つ帯域で低域側のみを抽出することを特徴とする請求項12記載のウェーブレット復号化方法。

30 【請求項15】 上記帯域制限の際にはバンドパスフィルタリングを行い、復号化された高域成分の変換係数が持つ帯域で低域側のみを抽出することを特徴とする請求項13記載のウェーブレット復号化方法。

【請求項16】 上記ウェーブレット逆変換の最終段には、縮小率に応じたダウンサンプリングを行うことを特徴とする請求項9記載のウェーブレット復号化方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像の効率的伝送もしくは蓄積を行うシステムに供することのできるものであり、特に、ウェーブレット変換符号化を用いて符号化されたビットストリームを入力して、任意の有理数倍の解像度変換を伴う復号化を実現するウェーブレット復号化装置及び方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の代表的な画像圧縮方式としては、ISO (International Organization for Standardization) によって標準化されたJPEG (Joint Photographic Coding Experts Group) 方式がある。これはDCT (discrete cosine transform) を用いて主に静止画像信号を圧縮符号化する方式であり、比較的高いビットが割り当てられる場合には良好な符号化・復号画像を供す

ることが知られている。しかし、当該DCTの場合、ある程度符号化ビット数を少なくすると、DCT特有のブロック歪みが顕著になり、主観的に劣化が目立つようになる。

【0003】これとは別に、最近、フィルタバンクと呼ばれるハイパスフィルタとローパスフィルタを組み合わせたフィルタを用いて画像信号を複数の帯域に分割し、それらの各帯域毎に符号化を行う方式の研究が盛んになっている。その中でも、ウェーブレット符号化は、DCTにて問題になる高圧縮でブロック歪みが顕著になる、という欠点が無いことから、DCTに代わる新たな技術として有力視されている。

【0004】現在の電子スチルカメラやビデオムービー等の製品では、画像圧縮方式にJPEGやMPEG (Moving Picture image coding Experts Group) を使用し、変換方式にDCTを用いているが、今後は、上記ウェーブレット変換をベースにした変換方式を採用した製品が市場に出現するものと推測される。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところが、符号化方式の効率向上のための検討は各研究機関で盛んに行われているが、ウェーブレット変換の特徴を生かした具体的な製品化を目指した発明は未だ少ない。

【0006】また、従来の解像度変換を伴ったウェーブレット復号化では、その性質上、2のべき乗分の1でしか解像度を縮小することができない。これは、通常のウェーブレット変換が2分割フィルタバンクを用いていることに起因している。従って、復号化過程における合成フィルタバンクでは、2のべき乗分の1でしか低域成分を合成できないことになり、このため、復号画像の縮小率は2のべき乗分の1に制限されている。

【0007】一方で、原画像の解像度が大きくなると、2のべき乗分の1以外の解像度でデコードする要求も増えて来ると考えられる。すなわち、2のべき乗分の1だけでなくそれ以外も含む任意有理数の解像度でデコード（復号化）することができるようになれば、端末側の制約条件に左右されることが無くなるため、非常に用途が広まると考えられる。

【0008】そこで、本発明はこのような状況に鑑みてなされたものであり、変換方式にウェーブレット変換を用いて圧縮符号化がなされた画像信号を、端末側の制約条件に左右されることが無く、任意有理数の解像度でデコード（復号化）可能とし、その結果として、例えば電子スチルカメラやプリンタ等で多用されるいわゆるサムネイル画像や原画像を解像度変換した画像（縮小した画像）の記憶・表示を効率的に行えるようにし、各種の製品への使用用途を大幅に広げることが可能とする、ウェーブレット復号化装置及び方法を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明のウェーブレット復号化装置及び方法は、符号化ビットストリームをエントロピー復号化して量子化係数を送出し、量子化係数を逆量子化して変換係数を送出し、変換係数を所定の方法でスキニングして変換係数を並び換え、並び換えられた変換係数を逆変換して復号画像を生成し、ウェーブレット逆変換の際には、解像度変換倍率に応じて変換係数の帯域制限を行うと共に、所定の解像度変換倍率に応じてアップサンプリング、ダウンサンプリング、合成フィルタリングを適応的に行うことにより、上述した課題を解決する。

【0010】

【発明の実施の形態】本発明の好ましい実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

【0011】本発明実施の形態は、画像の効率的伝送もしくは蓄積を行うシステムに好適なものであり、特にウェーブレット変換符号化を用いて符号化されたビットストリームを入力して、任意の有理数倍の解像度変換を伴う復号化を実現するウェーブレット復号化装置及び方法を実現するものである。具体的な応用例としては、電子カメラ、携帯・移動体画像送受信端末（PDA）、プリンタ、衛星画像、医用画像等の圧縮・伸張器またはそのソフトウェアモジュール、ゲーム、3次元CGで用いるテクスチャの伸張器またはそのソフトウェアモジュール等がある。

【0012】図1には、本発明のウェーブレット復号化装置及び方法が適用される一実施の形態のウェーブレット復号化装置の全体構成を示す。

【0013】この図1に示す本発明実施の形態のウェーブレット復号化装置は、符号化ビットストリーム100をエントロピー復号化するエントロピー復号化部1と、量子化係数101を逆量子化して変換係数102を送出する逆量子化部2と、変換係数102を所定の方法でスキニングして並び換えた変換係数103を送出する変換係数逆スキニング部3と、並び換えられた変換係数103を逆変換して復号画像104を供するウェーブレット逆変換部4とを備えてなるものである。

【0014】より具体的に説明すると、エントロピー復号化部1は、ウェーブレット符号化装置または符号化モジュールより送出された符号化ビットストリーム100に対して所定のエントロピー復号化を行う。ここで、エントロピー復号化としては、一般的に用いられているハフマン復号化や算術復号化を用いれば良い。但し当然であるが、ウェーブレット符号化装置等で行われたエントロピー符号化処理と対応する手法を行う必要がある。

【0015】逆量子化部2は、エントロピー復号化部1により復号化されて出力された量子化係数101を逆量子化して変換係数102を出力する。この逆量子化部2も、ウェーブレット符号化装置で行われた量子化処理と表裏一体の動作を行う必要がある。

【0016】変換係数逆スキャニング部3は、逆量子化部2で得られた変換係数102を並び換えて、新たな変換係数103を出力する。ここでの逆スキャニング方法は、ウェーブレット符号化装置で行われたスキャニング処理の逆処理を行うことになる。

【0017】ウェーブレット逆変換部4は、変換係数103を逆変換して最終的な復号画像信号104を供する。

【0018】ここで、本発明実施の形態のウェーブレット復号化装置では、上記ウェーブレット逆変換部4に、
10 所定の解像度変換倍率に応じて変換係数の帯域を適応的に制限する帯域制限手段を設け、さらにアップサンプラ、ダウンサンプラ及び合成フィルタの何れか又は複数
を適応的に配置することにより、任意の有理数倍率に解像度変換を行う機能を実現している。

【0019】本実施の形態のウェーブレット復号化装置における上記任意有理数倍率の解像度変換処理のための構成及び動作の詳細な説明を行う前に、図2～図6を用いて通常のウェーブレット変換処理及びウェーブレット
20 逆変換処理のための構成及び動作について以下に説明する。

【0020】図2には、通常のウェーブレット符号化装置の基本的構成を示す。

【0021】図2に示すウェーブレット符号化装置は、ウェーブレット変換部5と、変換係数スキャニング部6と、量子化部7と、エントロピー符号化部8を、その基本構成要素として有する。

【0022】ウェーブレット変換部5は、入力された画像信号105をウェーブレット変換してその変換係数106を出力する。変換係数スキャニング部6は、ウェーブレット変換部5からの変換係数106を並び換えて、
30 新たな変換係数107を出力する。なお、前記図1の変換係数逆スキャニング部3でのスキャニングは、当該変換係数スキャニング部6でのスキャニングの反対の並び換え処理である。

【0023】量子化部7は、変換係数スキャニング部6から供給された変換係数107を量子化し、その量子化係数108を出力する。なお、前記図1の逆量子化部2での処理は、当該量子化部7での処理と対を成すものである。

【0024】エントロピー符号化部8は、量子化部7から供給された量子化係数108に所定のエントロピー符号化を施し、その符号化ビットストリーム100を出力する。なおここでのエントロピー符号化としては、一般的に用いられているハフマン符号化や算術符号化を用い
れば良く、前記図1のエントロピー復号化部1での処理は、当該エントロピー符号化部8での処理と対応している。

【0025】図3には、通常のウェーブレット変換処理を行う構成を示す。この図3の構成は、幾つかある手法

の中で最もポピュラーなウェーブレット変換処理であるオクターブ分割を複数レベルに渡って行う場合の構成例である。なお、図3の場合はレベル数が3（レベル1～レベル3）であり、画像信号を低域と高域に分割し、且つ低域成分のみを階層的に分割する構成を取っている。また、図3では、便宜上、1次元の信号（例えば画像の水平成分）についてのウェーブレット変換処理を例に挙げているが、これを2次元に拡張することで2次元画像信号に対応することができる。

【0026】図3において、入力画像信号105は、先ず分析用ローパスフィルタ81と分析用ハイパスフィルタ82とによって帯域分割され、得られた低域側の信号113と高域側の信号119は、それぞれ対応するダウンサンプラ83、84によって解像度が2分の1倍に間引かれる（レベル1）。

【0027】上記ダウンサンプラ83、84からの出力のうち、低域側の信号114は分析用ローパスフィルタ85と分析用ハイパスフィルタ86によってさらに帯域分割される。これら帯域分割により得られた信号116、115はさらにダウンサンプラ87、88によって解像度がそれぞれ2分の1倍に間引かれる（レベル2）。

【0028】上記ダウンサンプラ87、88からの出力のうち、低域側の信号117は分析用ローパスフィルタ89と分析用ハイパスフィルタ90によってさらに帯域分割される。これら帯域分割により得られた信号119、118はさらにダウンサンプラ91、92によって解像度がそれぞれ2分の1倍に間引かれる（レベル3）。

【0029】このような処理を所定のレベルまで行うことで、低域側の信号を階層的に帯域分割した各帯域の信号が順次生成されていくことになる。図3の例では、レベル3まで帯域分割した結果、LLL信号109、LLH信号110、LH信号111、H信号112が生成されていることを示している。なお、上記LLL信号109やLLH信号110のLは低域成分であることを表し、Hは高域成分であることを表している。

【0030】図4には、レベル2まで2次元画像を帯域分割した結果得られる帯域成分を図示する。ただし、この図4でのL及びHの表記法は1次元信号を扱った図3とは異なる。なお、図4中のLLは水平・垂直成分が共にL（低域）であること、LHは水平成分がH（高域）で垂直成分がL（低域）であることを意味している。また、図中のX_SIZEは垂直方向（X方向）の解像度を、Y_SIZEは水平方向（Y方向）の解像度を意味している。

【0031】すなわちこの図4において、2次元の原画像は、先ずレベル1の帯域分割（水平・垂直方向）により4つの成分LL、LH、HL、HHに分けられ、次いで、LL成分は、レベル2の帯域分割（水平・垂直方

向)により更に4つの成分LLL、LLH、LLH、LLHに分けられる。

【0032】図5には、図4の帯域分割を実際の画像に応用した場合の画像例を示しており、この図5から、画像は低域の成分にその大部分の情報が含まれていることがわかる。

【0033】次に、図6には、解像度変換の動作を行わない通常のウェーブレット逆変換処理を行う構成を示す。

【0034】図3で説明したウェーブレット変換部の出力である各帯域成分(LLL信号109、LLH信号110、LH信号111、H信号112)のうち、LLL信号109及びLLH信号110は、それぞれアップサンプラ9、11によって2倍の解像度にアップサンプルされる。

【0035】上記アップサンプラ9にてLLL信号109をアップサンプルして生成された信号は合成用ローパスフィルタ10により、また、アップサンプラ11にてLLH信号110をアップサンプルして生成された信号は合成用ハイパスフィルタ12によって、それぞれフィルタリングされて加算器13に送られる。

【0036】加算器13では、両者の信号を帯域合成する。ここまでの処理により、上記レベル3の逆変換が完了する。

【0037】以下同様に、上述の処理をレベル1まで繰り返すことで、最終的な逆変換後の復号画像104が出力されることになる。

【0038】すなわち、加算器13の出力信号は、更にアップサンプラ14にて2倍の解像度にアップサンプルされた後、合成用ローパスフィルタ15にてフィルタリングされて加算器18に送られる。

【0039】また、LH信号111は、アップサンプラ16によって2倍の解像度にアップサンプルされた後、合成用ハイパスフィルタ17にてフィルタリングされて加算器18に送られる。

【0040】加算器18では、合成用ローパスフィルタ15と合成用ハイパスフィルタ17からの両者の信号を帯域合成する。ここまでの処理により、上記レベル2の逆変換が完了する。

【0041】この加算器18の出力信号は、更にアップサンプラ19にて2倍の解像度にアップサンプルされた後、合成用ローパスフィルタ20にてフィルタリングされて加算器23に送られる。

【0042】また、H信号112は、アップサンプラ21によって2倍の解像度にアップサンプルされた後、合成用ハイパスフィルタ22にてフィルタリングされて加算器23に送られる。

【0043】加算器23では、合成用ローパスフィルタ20と合成用ハイパスフィルタ22からの両者の信号を帯域合成する。ここまでの処理により、上記レベル1の

逆変換が完了する。

【0044】以上が、通常のウェーブレット変換処理及びウェーブレット逆変換処理の基本構成及び基本動作である。

【0045】ところで、上記図6において、LLL信号109そのものは、原画像の8分の1の縮小画像に相当する。また、アップサンプラ9で2倍にアップサンプルされ、さらに合成用ローパスフィルタ10を通過したレベル3の低域側の信号120と、同じくアップサンプラ11で2倍にアップサンプルされ、さらに合成用ハイパスフィルタ12を通過したレベル3の高域側の信号121とを、加算器13で帯域合成した信号122は、原画像の4分の1の縮小画像に相当する。同様に、レベル2の加算器18の出力信号123は、原画像の2分の1の縮小画像に相当する。

【0046】したがって、それらLLL信号109や信号122、123を取り出せば、2のべき乗分の1の縮小画像を生成できることになる。なお、他のレベル数であっても同様な方法で2のべき乗分の1の縮小画像を生成できる。

【0047】図7は、上記図6の各入力信号(LLL信号109、LLH信号110、LH信号111、H信号112)の帯域分割特性を示したものである。ここで本発明は、デジタル信号を対象としているので、図7において、横軸は0、 2π に近づくほど低域成分を、 π に近づくほど高域成分を示していることになる。また、図6における各信号109、122、123に対応する各縮小画像、及び原解像度の復号画像信号104は、それぞれ図7に示したような帯域幅を有しており、このことから復号画像の縮小率と各画像における帯域幅の占有率(帯域占有率)とは一致していることがわかる。

【0048】したがって、例えば任意有理数倍の縮小変換を行うためには、その縮小率に見合った帯域幅を抽出する必要がある。しかし、図7の帯域分割特性からもわかるように、ウェーブレット変換・逆変換ではその性質上、2のべき乗分の1の帯域占有率でしか帯域幅を合成できない。

【0049】このようなことから、図1に示したウェーブレット復号化装置のウェーブレット逆変換部4では、その縮小率を規範として制限すべき帯域を決定し、その決定の際には、当該縮小率で与えられる有効帯域幅とウェーブレット逆変換の際に用いる帯域幅との差が最小となるようにすることで、上述したような縮小率に見合った帯域幅の抽出と、任意有理数倍の縮小変換を実現している。

【0050】本発明実施の形態の第1の具体例では、任意有理数倍の解像度変換の一例として、3分の1の縮小変換を伴うウェーブレット逆変換について説明する。

【0051】先に述べたように、縮小率が3分の1である場合には、帯域占有率も3分の1にしなければならない

い。つまり、図8に示すように、帯域128の帯域幅を抽出する必要がある。この場合、先ずLH信号111に対して帯域制限処理を行って、図8における帯域124（斜線部）を取り出し、これと帯域122を合成すれば、上記3分の1の帯域128の抽出が可能となる。

【0052】図9には、当該第1の具体例として、前記の処理を実現する3分の1の縮小変換を伴うウェーブレット逆変換部4の概略構成を示す。なお、この図9の構成において、前記図6と同じ構成要素には図6と同一の指示符号を付している。また、図9中の点線にて示す高域側の経路は、図6に示した通常のウェーブレット復号化装置には設けられている経路であるが、本実施の形態のウェーブレット復号化装置では省略された経路を表している。

【0053】すなわち図9に示す第1の具体例のウェーブレット逆変換部4において、LLL信号109及びLH信号110は、それぞれアップサンプラ9、11によって2倍の解像度にアップサンプルされ、さらにそれぞれ対応する合成用ローパスフィルタ10と合成用ハイパスフィルタ12によりフィルタリングされた後、加算器13にて両者の信号が帯域合成される。当該加算器13での帯域合成により得られた信号122（図8の帯域122の信号）は、原画像の4分の1の縮小画像に相当し、ここまでの処理により、レベル3の逆変換が完了する。

【0054】当該加算器13の出力信号122は、更にアップサンプラ14にて2倍の解像度にアップサンプルされた後、合成用ローパスフィルタ15にてフィルタリングされて加算器18に送られる。

【0055】また、LH信号111は、帯域制限部30にて後述するように帯域幅が制限される。この帯域制限部30にて帯域制限された信号124（図8の帯域124の信号）は、アップサンプラ16によって2倍の解像度にアップサンプルされる。このアップサンプル後の信号127は、さらに合成用ハイパスフィルタ17にてフィルタリングされ、信号125として加算器18に送られる。

【0056】加算器18では、合成用ローパスフィルタ15と合成用ハイパスフィルタ17からの信号126及び125を帯域合成する。当該加算器18での帯域合成により得られた信号128（図8の帯域128の信号）は、更にアップサンプラ19にて2倍の解像度にアップサンプルされた後、合成用ローパスフィルタ20にてフィルタリングされる。当該合成用ローパスフィルタ20からの出力信号129は原画像と同じ解像度の画像に相当する。

【0057】この第1の具体例では、最終的に3分の1の解像度に復号化された画像を生成するため、上記ローパスフィルタ20からの信号129はさらにダウンサンプラ31にて3分の1の解像度にダウンサンプル（間引

き処理）される。これにより、3分の1の縮小画像に相当する復号画像信号130が得られることになる。また、この第1の具体例のように、3分の1の帯域信号しか必要ない場合には、H信号112は不要となる。したがって、図6のようにH信号112を入力とする2倍のアップサンプラ及び合成用ハイパスフィルタの処理は不要になるので、計算量の削減ができる。

【0058】ここで、当該第1の具体例の場合の帯域制限部30は、アップサンプラ16及び合成フィルタ17の前段部に置かれ、LH信号111（高域成分）の変換係数のフィルタリング処理を行うが、当該LH信号111はウェーブレット符号化装置にてダウンサンプルされたものであるため、その解像度での帯域に対応したフィルタとして設計する必要がある。

【0059】図10には、図3に示したウェーブレット変換部において、LH信号111を生成する際の各生成過程での周波数帯域の状態を示す。なお、図中のカッコ内の数字は、前述した各図に示した信号に対応しており、図中の斜線部は抽出すべき前記帯域124を示している。また、図の横軸の ω は正規化角周波数を意味する。

【0060】この図10において、前記入力画像信号105に含まれる帯域は、状態131で示される。当該入力画像信号105を前記分析用ローパスフィルタ81にて処理した信号113の帯域は、高域がカットされているため状態132となり、更に前記信号114の帯域はダウンサンプラ83にて2分の1倍にダウンサンプルされているため状態133のような帯域になっている。また、前記信号115の帯域は、前記分析用ハイパスフィルタ86での処理によって低域側がカットされているため状態134のような帯域となり、さらにダウンサンプラ88によって2分の1倍のダウンサンプルが行われてLH信号111が生成されている。このLH信号111もダウンサンプルの影響のため、状態135のような帯域となる。当該状態135では、帯域が 2π 側にずれて低域側への折り返し成分が発生することになるため、図11に示すように、状態136として見なすことができる。従って、LH信号111の解像度においては、前記図8の帯域124が図11の帯域137に相当している。このため、LH信号111に対して図9のように帯域制限部30を配置した場合、図12に示すようなフィルタ特性（振幅）をもつハイパスフィルタを当該帯域制限部30として使用することになる。

【0061】以上が、第1の具体例として縮小率が3分の1のときのウェーブレット逆変換部4の構成及び動作である。この第1の具体例のウェーブレット逆変換部4によれば、前記処理によってウェーブレット変換領域における帯域幅が3分の1になるため、エリアシングといったノイズや高域成分の欠落によるボケの発生を防ぐことができる。つまり、該縮小率から与えられる有効帯域

の高精度な抽出方法により、復号画像の品質向上の効果を生み出している。

【0062】次に、本発明実施の形態の第2の具体例として、5分の1の縮小変換を行うウェーブレット復号化装置について説明する。

【0063】前記第1の具体例と同様に、縮小率が5分の1である場合には、帯域占有率も5分の1にしなければならない。このためには、図13に示すように、帯域140の帯域幅を抽出する必要がある。この場合、LLH信号110に対して帯域制限処理を行って帯域138（斜線部）を取り出し、これとLLL信号109が持つ帯域を合成することで、図13における帯域140の抽出が可能となる。

【0064】図14には、当該第2の具体例として、図1のウェーブレット復号化装置において解像度を5分の1に縮小して復号化する場合の、ウェーブレット逆変換部4の概略構成を示す。なお、この図14の構成において、前記各図と同じ構成要素には各図と同一の指示符号を付している。また、図14中の点線にて示す各高域側の経路は、図6に示した通常のウェーブレット復号化装置には設けられている経路であるが、本実施の形態のウェーブレット復号化装置では省略された経路を表している。

【0065】すなわち図14に示す第2の具体例のウェーブレット逆変換部4において、LLL信号109はアップサンプラ9によって2倍の解像度にアップサンプルされ、さらに合成用ローパスフィルタ10によりフィルタリングされた後、加算器13に送られる。

【0066】一方、レベル3の高域成分であるLLH信号110は、帯域制限部32にて後述するように帯域幅が制限される。当該帯域制限された信号138（図13の帯域138の信号）は、アップサンプラ10にて2倍の解像度にアップサンプルされ、さらに合成用ローパスフィルタ10によりフィルタリングされる。このフィルタリング後の信号139が加算器13に送られる。

【0067】当該加算器13の出力信号140（図13の帯域140の信号）は、更にアップサンプラ14にて2倍の解像度にアップサンプルされた後、合成用ローパスフィルタ15にてフィルタリングされる。

【0068】このフィルタリング後の信号141は、更にアップサンプラ19にて2倍の解像度にアップサンプルされた後、合成用ローパスフィルタ20にてフィルタリングされる。当該合成用ローパスフィルタ20からの出力信号129は原画像と同じ解像度の画像となる。

【0069】この第2の具体例では、最終的に5分の1の解像度に復号化された画像を生成するため、上記出力信号129はさらにダウンサンプラ33にて5分の1の解像度にダウンサンプル（間引き処理）される。これにより、5分の1の縮小画像の復号画像信号142が得られることになる。このように、5分の1の帯域成分しか

必要ない場合には、LLH信号111とH信号112は不要となる。したがって、図6のようにLLH信号111とH信号112をそれぞれ入力とする2倍のアップサンプラ及び合成用ハイパスフィルタの処理は不要になるので、計算量の削減ができる。

【0070】ここで、当該第2の具体例の場合の帯域制限部32は、アップサンプラ10及び合成フィルタ12の前段部に置かれ、LLH信号110（高域成分）の変換係数のフィルタリング処理を行うが、当該LLH信号110はウェーブレット符号化装置にてダウンサンプルされたものであるため、その解像度での帯域に対応したフィルタとして設計する必要がある。

【0071】図15には、図3のウェーブレット変換部において、LLH信号110を生成する際の各生成過程での周波数帯域の状態を示す。なお、図中のカッコ内の数字は、前述した各図に示した信号に対応しており、図中の斜線部は抽出すべき前記帯域138を示している。また、図の横軸の ω は正規化角周波数を意味する。さらに、状態143の帯域は、前記信号114の帯域に対応しており、この信号114を生成するまでの周波数帯域は、図10における状態131から状態133（但し、斜線部を除く）で既に示されている。

【0072】この図15において、前記信号114の出力以降の処理では、前記分析用ローパスフィルタ85により高域がカットされた信号116が生成され、この信号116の帯域成分は状態144になる。さらに、前記ダウンサンプラ87での2分の1のダウンサンプルにより信号117が生成され、この信号117の帯域は状態145で表わされる。次に、レベル3での処理に移り、信号117に対して前記分析用ハイパスフィルタ82による帯域制限が行われ、信号118が生成される。この信号118は、低域がカットされているため、その帯域は図15中の状態146になる。最後に、ダウンサンプラ92による2分の1のダウンサンプルが行われ、LLH信号110が生成される。LLH信号110の帯域は、状態147で表わされる。当該状態147では、帯域が 2π 側にずれて低域側への折り返し成分が発生することになるため、図16に示すような状態148として見なすことができる。従って、LLH信号110の解像度においては、図13の帯域138は、図16の帯域149に相当している。このため、LLH信号110に対して図14のように帯域制限部32を配置した場合、図17に示したフィルタ特性（振幅）をもつハイパスフィルタを帯域制限部32として使用することになる。

【0073】以上が、第2の具体例として縮小率が5分の1のときのウェーブレット逆変換部4の構成及び動作である。この第2の具体例のウェーブレット逆変換部4によれば、前記処理によってウェーブレット変換領域における帯域幅が5分の1になるため、エリアシングといったノイズや高域成分の欠落によるボケの発生を防ぐこ

とができる。つまり、該縮小率から与えられる有効帯域の高精度な抽出方法により、復号画像の品質向上の効果を生み出している。

【0074】次に、本発明実施の形態の第3の具体例として、3分の2の縮小変換を行うウェーブレット復号化装置について説明する。

【0075】前記第1、2の具体例と同様に、縮小率が3分の2である場合には、帯域占有率も3分の2にしなければならない。このためには、図18に示すように、帯域153の帯域幅を抽出する必要がある。この場合、H信号112に対して帯域制限処理を行って帯域150（斜線部）を取り出し、これと信号123が持つ帯域を合成することで、図18における3分の2の帯域153の抽出が可能となる。

【0076】図19には、当該第3の具体例として、図1のウェーブレット復号化装置において解像度を3分の2に縮小して復号化する場合の、ウェーブレット逆変換部4の概略構成を示す。なお、この図19の構成において、前記各図と同じ構成要素には各図と同一の指示符号を付している。また、図19中の点線にて示す各高域側の経路は、図6に示した通常のウェーブレット復号化装置には設けられることになる経路であるが、本実施の形態のウェーブレット復号化装置には設けられない経路を表している。

【0077】すなわち図19に示す第3の具体例のウェーブレット逆変換部4において、LLL信号109とLLH信号110は、アップサンプラ9、11によってそれぞれ2倍の解像度にアップサンプルされ、さらに合成用ローパスフィルタ10、12によりそれぞれフィルタリングされた後、加算器13にて両者の帯域合成がなされる。当該加算器13で帯域合成した信号122は、原画像の4分の1の縮小画像に相当し、ここまでの処理により、レベル3の逆変換が完了する。

【0078】当該加算器13の出力信号122は、更にアップサンプラ14にて2倍の解像度にアップサンプルされた後、合成用ローパスフィルタ15にてフィルタリングされて加算器18に送られる。

【0079】また、LH信号111は、アップサンプラ16によって2倍の解像度にアップサンプルされた後、合成用ハイパスフィルタ17にてフィルタリングされ、加算器18に送られる。

【0080】加算器18では、合成用ローパスフィルタ15と合成用ハイパスフィルタ17からの信号の帯域合成を行う。ここまでの処理により、上記レベル2の逆変換が完了する。当該加算器18による帯域合成後の信号123は、更にアップサンプラ19にて2倍の解像度にアップサンプルされた後、合成用ローパスフィルタ20にてフィルタリングされて加算器23に送られる。

【0081】また、H信号112は、帯域制限部34に

て後述するように帯域幅が制限される。当該帯域制限された信号150（図18の帯域150の信号）は、アップサンプラ21にて2倍の解像度にアップサンプルされ、さらに合成用ハイパスフィルタ22によりフィルタリングされる。このフィルタリング後の信号151が加算器23に送られる。

【0082】加算器23では、合成用ローパスフィルタ20と合成用ハイパスフィルタ22からの信号の帯域合成を行う。ここまでの処理により、上記レベル1の逆変換が完了する。

【0083】この第3の具体例では、最終的に3分の2の解像度に復号化された画像を生成するため、上記信号153はアップサンプラ24にて2倍の解像度（原画像の2倍の解像度）にアップサンプルされた後、合成用ローパスフィルタ25によりフィルタリングされ、さらにこの信号154はダウンサンプラ31にて3分の1の解像度にダウンサンプル（間引き処理）される。これにより、3分の2の縮小画像の復号画像信号142が得られることになる。このようにレベル0までの逆変換を行ったとしても、第3の具体例では、レベル0の高域側に2倍のアップサンプラ及び合成用ハイパスフィルタがは不要である。

【0084】ここで、当該第3の具体例の場合の帯域制限部34は、アップサンプラ21及び合成フィルタ22の前段部に置かれ、レベル1のH信号112（高域成分）の変換係数のフィルタリング処理を行うが、当該H信号112はウェーブレット符号化装置にてダウンサンプルされたものであるため、その解像度での帯域に対応したフィルタとして設計する必要がある。

【0085】図20には、図3のウェーブレット変換部において、H信号112を生成する際の各生成過程での周波数帯域の状態を示す。なお、図中のカッコ内の数字は、前述した各図に示した信号成分に対応しており、図中の斜線部は抽出すべき帯域150を示している。また、図の横軸の ω は正規化角周波数を意味する。

【0086】この図20において、入力画像信号105に含まれる帯域は、状態156で示される。次に、この状態105に対して分析用ハイパスフィルタ82処理を施した信号119の帯域は、低域がカットされるために状態157となり、更にダウンサンプラ84にて2分の1倍のダウンサンプルが行われた信号112の帯域は状態158のような帯域になる。状態158では、帯域が 2π 側にずれて低域側への折り返し成分が発生することになるため、帯域分布を状態159として見なすことができる。従って、図18の帯域150は、H信号112の解像度においては、図20の帯域160に相当している。このため、H信号112に対して図19のように帯域制限部34を配置した場合、前記図12に示したフィルタ特性（振幅）を有するハイパスフィルタを帯域制限部34として使用することになる。

【0087】以上が、第3の具体例として縮小率が3分の2のときのウェーブレット逆変換部4の構成及び動作である。この第3の具体例のウェーブレット逆変換部4によれば、前記処理によってウェーブレット変換領域における帯域幅が3分の2になるため、エリアシングといったノイズや高域成分の欠落によるボケの発生を防ぐことができる。つまり、該縮小率から与えられる有効帯域の高精度な抽出方法により、復号画像の品質向上の効果を生み出している。

【0088】次に、本発明実施の形態の第4の具体例として、第1の具体例のように3分の1の縮小変換を行うウェーブレット復号化装置について説明する。

【0089】図21には、当該第4の具体例として、図1のウェーブレット復号化装置において解像度を3分の1に縮小して復号化する場合の、ウェーブレット逆変換部4の概略構成を示す。なお、この図21の構成において、前記各図と同じ構成要素には各図と同一の指示符号を付している。また、解像度を3分の1にする場合、前記第1の具体例と同様に、帯域占有率も3分の1にする。ここで、この図21に示す第4の具体例の構成は、前記第1の具体例における図9の帯域制限部と、アップサンブラ16及び合成用ハイパスフィルタ17の配置を入れ替えた以外は、前記図9と同じ構成になる。

【0090】すなわちこの図21において、LH信号111は、アップサンブラ16によって2倍の解像度にアップサンプルされる。アップサンプルされた信号161は合成用ハイパスフィルタ17にてフィルタリングされ、信号162として帯域性弁部36に送られる。

【0091】当該第4の具体例の場合、帯域制限の対象となる信号162は、アップサンブラ16での2倍のアップサンプルと合成用ハイパスフィルタ17の処理により、解像度がLH信号111の2倍になっている。従って、帯域制限部36は、この解像度での帯域に基づいてフィルタを設計する必要がある。

【0092】図22には、LH信号111から2倍のアップサンプル及びハイパスフィルタ（合成）の処理によって信号162を生成する各過程での周波数帯域の状態を示す。なお、図中のカッコ内の数字は、前述した各図に示した信号に対応しており、また、図の横軸の ω は正規化角周波数を意味する。

【0093】この図22において、状態163は、前記図11における状態136と同じ信号111の帯域を示しており、図中の斜線部が抽出すべき信号125の帯域になる。信号111を2倍にアップサンプルした信号161は、状態164で示されたような帯域分布になる。なお、図中点線で示された帯域は、イメージング成分

（アップサンプリングにより新たに生じるスペクトル成分）を示している。更に、信号161に対してハイパスフィルタ処理した信号162の信号はイメージング成分がカットされ、その帯域は状態165で示されるような

分布になる。

【0094】以上から、当該第4の具体例の場合は、図21における信号125の帯域を抽出するには、図23に示すようなフィルタ特性（振幅）をもつバンドパスフィルタを帯域制限部34として使用する。

【0095】上述したように、本発明実施の形態においては、任意有理数倍率の解像度変換を伴うウェーブレット復号化を実現することができる。すなわち例えば縮小の場合、帯域制限の対象となるレベル以下の高域成分については、それを復号化のプロセスから省略することにより、計算量を削減する効果がある。従って、ハードウェア化した際のコスト減につながる。更に、縮小率から与えられる有効帯域の高精度な抽出方法により、エリアシングといったノイズや高域成分の欠落によるボケの発生を防ぎ、復号画像の品質向上の効果を生み出している。

【0096】また、本実施の形態によれば、ウェーブレット符号化装置側には一切制約条件が無い。従って、通常の最も一般的なウェーブレット変換及びウェーブレット符号化装置で生成された符号化ビットストリームを入力して、任意有理数の解像度変換を伴うウェーブレット復号化画像を得ることができるという効果もある。

【0097】

【発明の効果】本発明のウェーブレット復号化装置及び方法においては、ウェーブレット逆変換の際に、解像度変換倍率に応じて変換係数の帯域制限を行うと共に、所定の解像度変換倍率に応じてアップサンプリング、ダウンサンプリング、合成フィルタリングを適応的に行うことにより、変換方式にウェーブレット変換を用いて圧縮符号化がなされた画像信号を、端末側の制約条件に左右されることなく、任意有理数の解像度でデコード（復号化）可能となり、その結果として、例えば電子スチルカメラやプリンタ等で多用されるいわゆるサムネイル画像や原画像を解像度変換した画像（縮小又は拡大した画像）の記憶・表示を効率的に行え、各種の製品への使用用途を大幅に広げることが可能となる。

【0098】すなわち本発明によれば、必要に応じて画像メモリ内に記憶された帯域画像をサムネイル画像または縮小画像として画面表示できるので、帯域分割画像を生成する過程と符号化を行う過程とを共通化することで、処理の効率化が実現できるという効果がある。従って、特別に、サムネイル画像等を生成する回路が必要ないので、ハードウェア規模の削減という効果もある。さらに、例えば外部記憶媒体を本発明装置に付加して、これに符号化ビットストリームを記憶・保持させることにより、多くの画像の符号化ビットストリームを該外部記憶媒体に記憶・保持させることができる。また、常にサムネイル画像または縮小画像を画像メモリに記憶・保持させておく必要がないので、見たいサムネイル画像または縮小画像の符号化ビットストリームを、外部記憶媒体

から随時読み出して、復号化して画面表示すれば良いので、使用効率が向上する効果もある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施の形態のウェーブレット復号化装置の全体構成を示すブロック回路図である。

【図2】本発明実施の形態のウェーブレット復号化装置に対応するウェーブレット符号化装置の全体構成を示すブロック回路図である。

【図3】通常のウェーブレット変換部の基本構成（レベル3まで）を示すブロック回路図である。

【図4】2次元画像の帯域分割（分割レベル＝2）を示す図である。

【図5】実際の画像に対して帯域分割（分割レベル＝2）した場合の各帯域画像を示す図である。

【図6】通常のウェーブレット逆変換部の基本構成（レベル3まで）を示すブロック回路図である。

【図7】帯域分割特性（オクターブ分割）を示す図である。

【図8】3分の1倍の解像度変換時に処理対象となる帯域分割特性を示す図である。

【図9】第1の具体例として、3分の1倍の縮小解像度変換を伴うウェーブレット逆変換部の構成を示すブロック回路図である。

【図10】ウェーブレット変換部によるLH信号の生成過程での周波数帯域を示す図である。

【図11】LH信号の解像度における周波数帯域を示す図である。

【図12】第1の具体例の帯域制限部に用いるハイパスフィルタの振幅特性を示す図である。

【図13】5分の1倍の解像度変換時に処理対象となる帯域分割特性を示す図である。

【図14】第2の具体例として、5分の1倍の縮小解像度変換を伴うウェーブレット逆変換部の構成を示すブロック回路図である。

【図15】ウェーブレット変換部によるLH信号の生成過程での周波数帯域を示す図である。

【図16】LH信号の解像度における周波数帯域を示す図である。

【図17】第2の具体例の帯域制限部に用いるハイパスフィルタの振幅特性を示す図である。

【図18】3分の2倍の解像度変換時に処理対象となる帯域分割特性を示す図である。

【図19】第3の具体例として、3分の2倍の縮小解像度変換を伴うウェーブレット逆変換部の構成を示すブロック回路図である。

【図20】ウェーブレット変換部によるH信号の生成過程での周波数帯域を示す図である。

【図21】第4の具体例として、3分の1倍の縮小解像度変換を伴うウェーブレット逆変換部の構成を示すブロック回路図である。

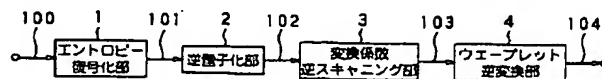
【図22】LH信号に対しアップサンプル、ハイパスフィルタ処理を行う過程での周波数帯域を示す図である。

【図23】第3の具体例の帯域制限部に用いるバンドパスフィルタの振幅特性を示す図である。

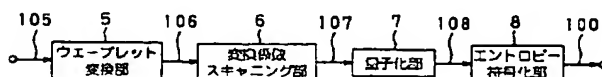
【符号の説明】

1 エントロピー復号化部、 2 逆量子化部、 3 変換係数逆スキャニング部、 4 ウェーブレット逆変換部、 5 ウェーブレット変換部、 6 変換係数スキャニング部、 7 量子化部、 8 エントロピー符号化部、 9 2倍のアップサンプラ、 10, 15, 20, 25 合成用ローパスフィルタ、 12, 17, 22 合成用ハイパスフィルタ、 12, 18, 12 加算器、 81, 85, 89 分析用ローパスフィルタ、 82, 86, 90 分析用ハイパスフィルタ、 83, 84, 87, 88, 91, 92 2分の1倍のダウンサンプラ、 31 3分の1倍のダウンサンプラ、 33 5分の1倍のダウンサンプラ、 30, 32, 34, 36 帯域制限部

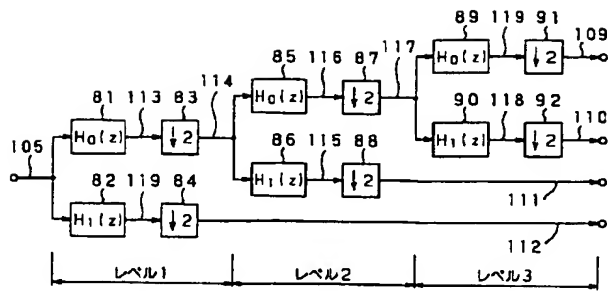
【図1】



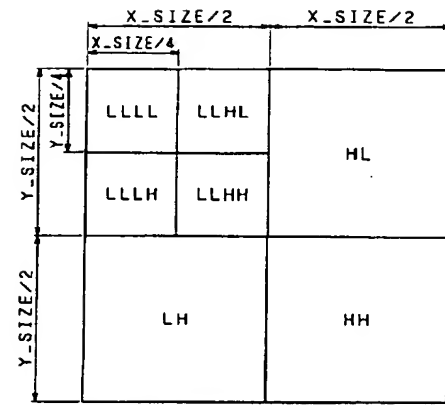
【図2】



【図3】

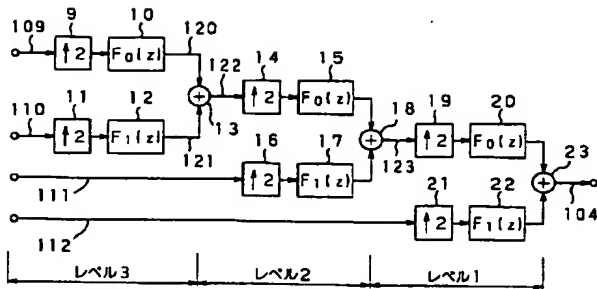


【図4】

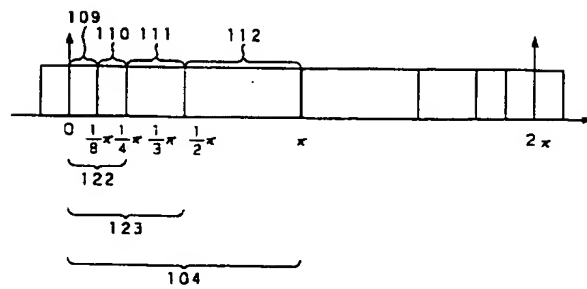


分割レベル=2
(H:高域, L:低域)

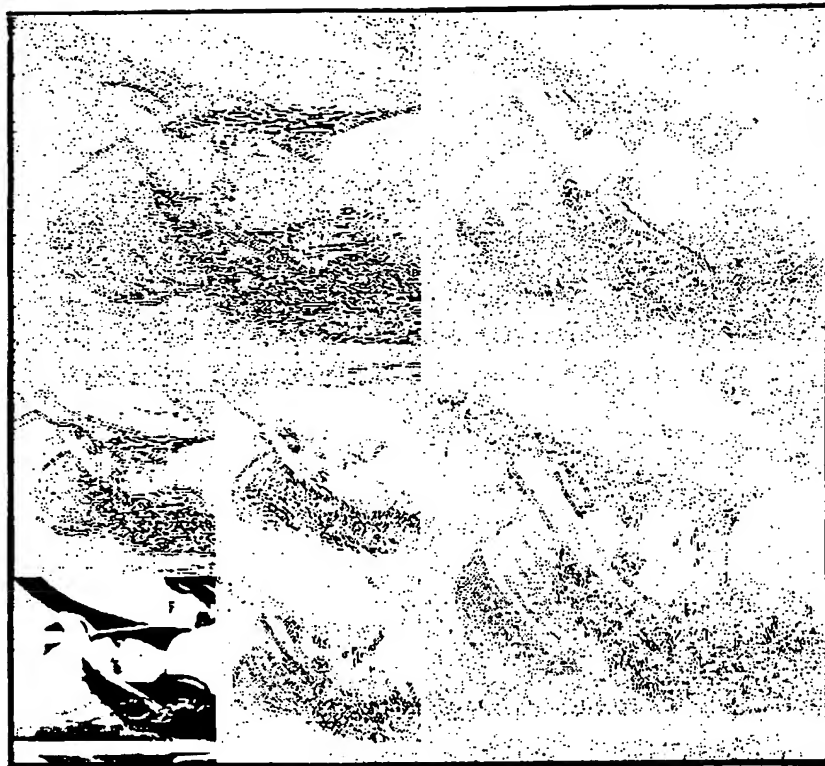
【図6】



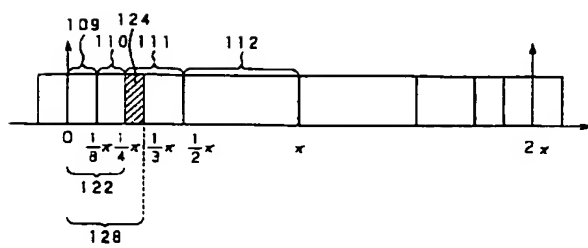
【図7】



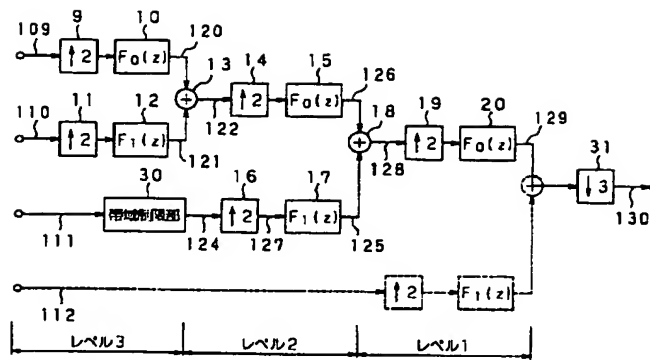
【図5】



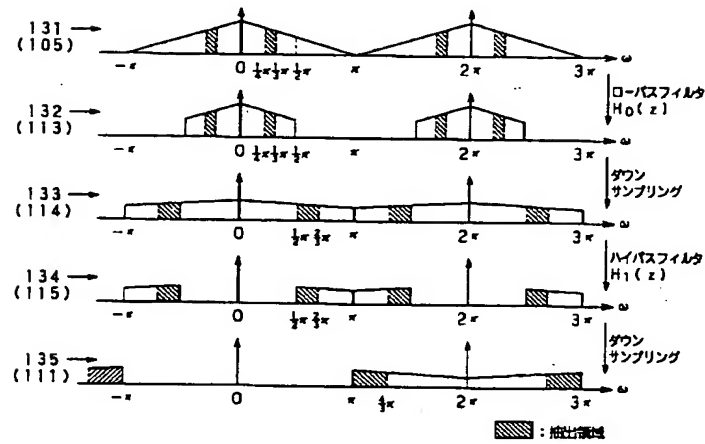
【図8】



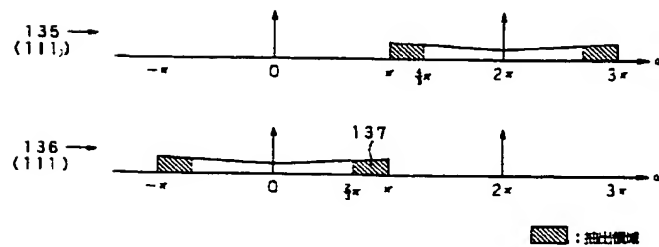
【図9】



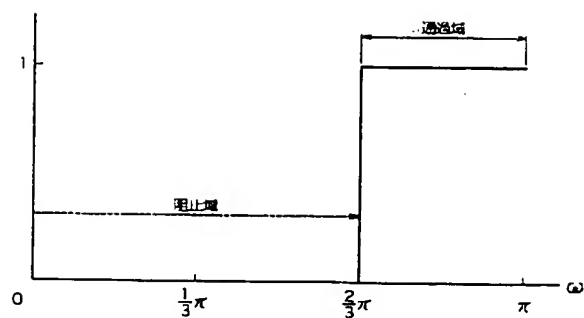
【図10】



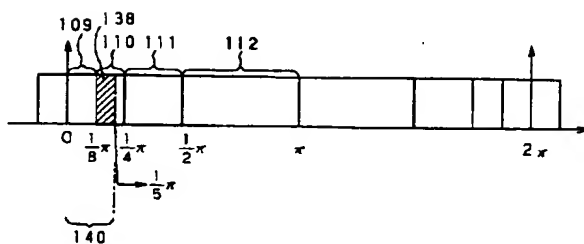
【図11】



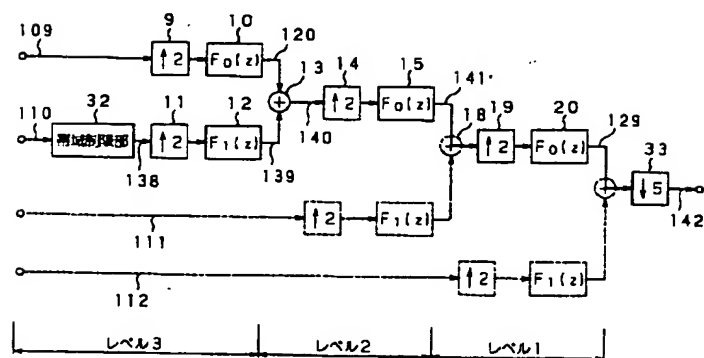
【図12】



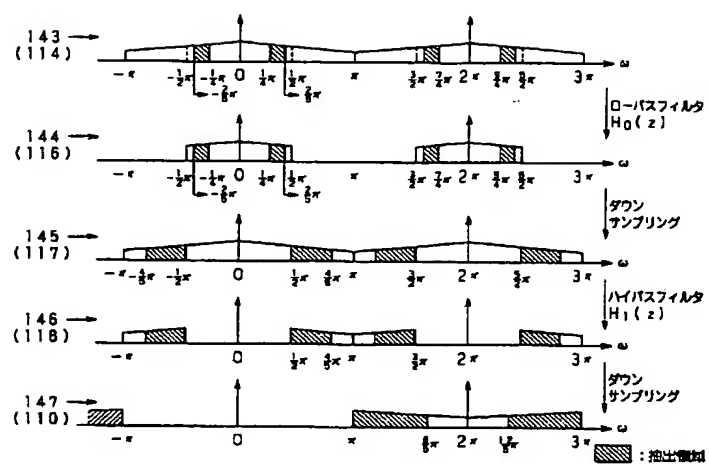
【図13】



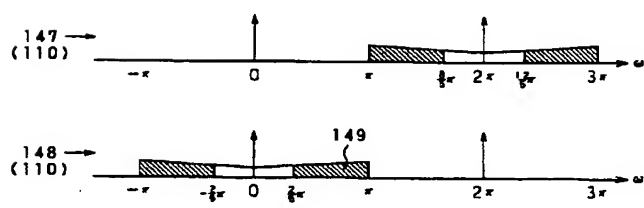
【図14】



【図15】



【図16】



【図17】

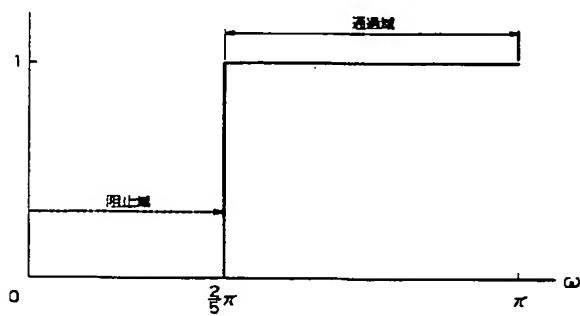


Figure 1 is a block diagram of a 4th-order FIR filter. The diagram is organized into four horizontal sections labeled LEVEL 3, LEVEL 2, LEVEL 1, and LEVEL 0 at the bottom. LEVEL 3 (leftmost) has two inputs, 109 and 110. Input 109 passes through a delay block (z⁻¹) and a multiplier by 2 to produce output 120. Input 110 passes through a delay block (z⁻¹) and a multiplier by 2 to produce output 121. LEVEL 2 has two inputs, 111 and 112. Input 111 passes through a multiplier by 2 and a delay block (z⁻¹) to produce output 122. Input 112 passes through a multiplier by 2 and a delay block (z⁻¹) to produce output 123. LEVEL 1 contains several delay blocks and multipliers. Output 120 is added to output 121 at a summing junction to produce output 124. Output 121 is added to output 122 at another summing junction to produce output 125. Output 122 is added to output 123 at a third summing junction to produce output 126. LEVEL 0 (rightmost) contains the final stages. Output 124 is added to output 125 at a summing junction to produce output 127. Output 125 is added to output 126 at another summing junction to produce output 128. Output 126 is added to output 127 at a third summing junction to produce output 129. Output 129 is added to output 128 at a fourth summing junction to produce output 130. Output 130 is added to output 129 at a fifth summing junction to produce output 131. Output 131 is added to output 130 at a sixth summing junction to produce output 132. Output 132 is added to output 131 at a seventh summing junction to produce output 133. Output 133 is added to output 132 at an eighth summing junction to produce output 134. Output 134 is added to output 133 at a ninth summing junction to produce output 135. Output 135 is added to output 134 at a tenth summing junction to produce output 136. Output 136 is added to output 135 at an eleventh summing junction to produce output 137. Output 137 is added to output 136 at a twelfth summing junction to produce output 138. Output 138 is added to output 137 at a thirteenth summing junction to produce output 139. Output 139 is added to output 138 at a fourteenth summing junction to produce output 140. Output 140 is added to output 139 at a fifteenth summing junction to produce output 141. Output 141 is added to output 140 at a sixteenth summing junction to produce output 142. Output 142 is added to output 141 at a seventeenth summing junction to produce output 143. Output 143 is added to output 142 at an eighteenth summing junction to produce output 144. Output 144 is added to output 143 at a nineteenth summing junction to produce output 145. Output 145 is added to output 144 at a twentieth summing junction to produce output 146. Output 146 is added to output 145 at a twenty-first summing junction to produce output 147. Output 147 is added to output 146 at a twenty-second summing junction to produce output 148. Output 148 is added to output 147 at a twenty-third summing junction to produce output 149. Output 149 is added to output 148 at a twenty-fourth summing junction to produce output 150. Output 150 is added to output 149 at a twenty-fifth summing junction to produce output 151. Output 151 is added to output 150 at a twenty-sixth summing junction to produce output 152. Output 152 is added to output 151 at a twenty-seventh summing junction to produce output 153. Output 153 is added to output 152 at a twenty-eighth summing junction to produce output 154. Output 154 is added to output 153 at a twenty-ninth summing junction to produce output 155. Output 155 is added to output 154 at a thirtieth summing junction to produce output 156. Output 156 is added to output 155 at a thirty-first summing junction to produce output 157. Output 157 is added to output 156 at a thirty-second summing junction to produce output 158. Output 158 is added to output 157 at a thirty-third summing junction to produce output 159. Output 159 is added to output 158 at a thirty-fourth summing junction to produce output 160. Output 160 is added to output 159 at a thirty-fifth summing junction to produce output 161. Output 161 is added to output 160 at a thirty-sixth summing junction to produce output 162. Output 162 is added to output 161 at a thirty-seventh summing junction to produce output 163. Output 163 is added to output 162 at a thirty-eighth summing junction to produce output 164. Output 164 is added to output 163 at a thirty-ninth summing junction to produce output 165. Output 165 is added to output 164 at a fortieth summing junction to produce output 166. Output 166 is added to output 165 at a forty-first summing junction to produce output 167. Output 167 is added to output 166 at a forty-second summing junction to produce output 168. Output 168 is added to output 167 at a forty-third summing junction to produce output 169. Output 169 is added to output 168 at a forty-fourth summing junction to produce output 170. Output 170 is added to output 169 at a forty-fifth summing junction to produce output 171. Output 171 is added to output 170 at a forty-sixth summing junction to produce output 172. Output 172 is added to output 171 at a forty-seventh summing junction to produce output 173. Output 173 is added to output 172 at a forty-eighth summing junction to produce output 174. Output 174 is added to output 173 at a forty-ninth summing junction to produce output 175. Output 175 is added to output 174 at a fiftieth summing junction to produce output 176. Output 176 is added to output 175 at a fifty-first summing junction to produce output 177. Output 177 is added to output 176 at a fifty-second summing junction to produce output 178. Output 178 is added to output 177 at a fifty-third summing junction to produce output 179. Output 179 is added to output 178 at a fifty-fourth summing junction to produce output 180. Output 180 is added to output 179 at a fifty-fifth summing junction to produce output 181. Output 181 is added to output 180 at a fifty-sixth summing junction to produce output 182. Output 182 is added to output 181 at a fifty-seventh summing junction to produce output 183. Output 183 is added to output 182 at a fifty-eighth summing junction to produce output 184. Output 184 is added to output 183 at a fifty-ninth summing junction to produce output 185. Output 185 is added to output 184 at a sixtieth summing junction to produce output 186. Output 186 is added to output 185 at a sixty-first summing junction to produce output 187. Output 187 is added to output 186 at a sixty-second summing junction to produce output 188. Output 188 is added to output 187 at a sixty-third summing junction to produce output 189. Output 189 is added to output 188 at a sixty-fourth summing junction to produce output 190. Output 190 is added to output 189 at a sixty-fifth summing junction to produce output 191. Output 191 is added to output 190 at a sixty-sixth summing junction to produce output 192. Output 192 is added to output 191 at a sixty-seventh summing junction to produce output 193. Output 193 is added to output 192 at a sixty-eighth summing junction to produce output 194. Output 194 is added to output 193 at a sixty-ninth summing junction to produce output 195. Output 195 is added to output 194 at a seventieth summing junction to produce output 196. Output 196 is added to output 195 at a seventy-first summing junction to produce output 197. Output 197 is added to output 196 at a seventy-second summing junction to produce output 198. Output 198 is added to output 197 at a seventy-third summing junction to produce output 199. Output 199 is added to output 198 at a seventy-fourth summing junction to produce output 200. Output 200 is added to output 199 at a seventy-fifth summing junction to produce output 201. Output 201 is added to output 200 at a seventy-sixth summing junction to produce output 202. Output 202 is added to output 201 at a seventy-seventh summing junction to produce output 203. Output 203 is added to output 202 at a seventy-eighth summing junction to produce output 204. Output 204 is added to output 203 at a seventy-ninth summing junction to produce output 205. Output 205 is added to output 204 at an eightieth summing junction to produce output 206. Output 206 is added to output 205 at an eighty-first summing junction to produce output 207. Output 207 is added to output 206 at an eighty-second summing junction to produce output 208. Output 208 is added to output 207 at an eighty-third summing junction to produce output 209. Output 209 is added to output 208 at an eighty-fourth summing junction to produce output 210. Output 210 is added to output 209 at an eighty-fifth summing junction to produce output 211. Output 211 is added to output 210 at an eighty-sixth summing junction to produce output 212. Output 212 is added to output 211 at an eighty-seventh summing junction to produce output 213. Output 213 is added to output 212 at an eighty-eighth summing junction to produce output 214. Output 214 is added to output 213 at an eighty-ninth summing junction to produce output 215. Output 215 is added to output 214 at a ninetyth summing junction to produce output 216. Output 216 is added to output 215 at a ninety-first summing junction to produce output 217. Output 217 is added to output 216 at a ninety-second summing junction to produce output 218. Output 218 is added to output 217 at a ninety-third summing junction to produce output 219. Output 219 is added to output 218 at a ninety-fourth summing junction to produce output 220. Output 220 is added to output 219 at a ninety-fifth summing junction to produce output 221. Output 221 is added to output 220 at a ninety-sixth summing junction to produce output 222. Output 222 is added to output 221 at a ninety-seventh summing junction to produce output 223. Output 223 is added to output 222 at a ninety-eighth summing junction to produce output 224. Output 224 is added to output 223 at a ninety-ninth summing junction to produce output 225. Output 225 is added to output 224 at a hundredth summing junction to produce output 226. Output 226 is added to output 225 at a hundred-first summing junction to produce output 227. Output 227 is added to output 226 at a hundred-second summing junction to produce output 228. Output 228 is added to output 227 at a hundred-third summing junction to produce output 229. Output 229 is added to output 228 at a hundred-fourth summing junction to produce output 230. Output 230 is added to output 229 at a hundred-fifth summing junction to produce output 231. Output 231 is added to output 230 at a hundred-sixth summing junction to produce output 232. Output 232 is added to output 231 at a hundred-seventh summing junction to produce output 233. Output 233 is added to output 232 at a hundred-eighth summing junction to produce output 234. Output 234 is added to output 233 at a hundred-ninth summing junction to produce output 235. Output 235 is added to output 234 at a hundred-tenth summing junction to produce output 236. Output 236 is added to output 235 at a hundred-eleventh summing junction to produce output 237. Output 237 is added to output 236 at a hundred-twelfth summing junction to produce output 238. Output 238 is added to output 237 at a hundred-thirteenth summing junction to produce output 239. Output 239 is added to output 238 at a hundred-fourteenth summing junction to produce output 240. Output 240 is added to output 239 at a hundred-fifteenth summing junction to produce output 241. Output 241 is added to output 240 at a hundred-sixteenth summing junction to produce output 242. Output 242 is added to output 241 at a hundred-seventeenth summing junction to produce output 243. Output 243 is added to output 242 at a hundred-eighteenth summing junction to produce output 244. Output 244 is added to output 243 at a hundred-nineteenth summing junction to produce output 245. Output 245 is added to output 244 at a hundred-twentieth summing junction to produce output 246. Output 246 is added to output 245 at a hundred-twenty-first summing junction to produce output 247. Output 247 is added to output 246 at a hundred-twenty-second summing junction to produce output 248. Output 248 is added to output 247 at a hundred-twenty-third summing junction to produce output 249. Output 249 is added to output 248 at a hundred-twenty-fourth summing junction to produce output 250. Output 250 is added to output 249 at a hundred-twenty-fifth summing junction to produce output 251. Output 251 is added to output 250 at a hundred-twenty-sixth summing junction to produce output 252. Output 252 is added to output 251 at a hundred-twenty-seventh summing junction to produce output 2

156 → (105) → ローパスフィルタ $H_0(z)$

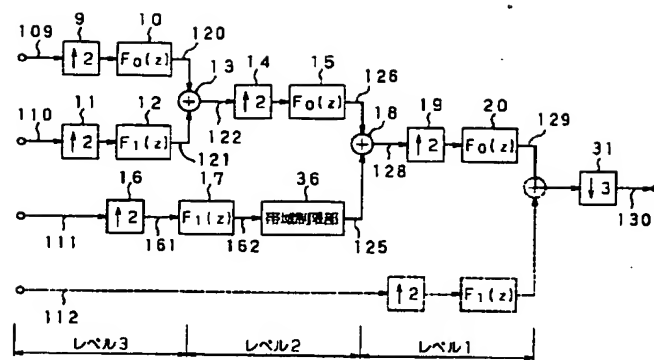
157 → (119) → DWF サンプリング

158 → (112) → ハイパスフィルタ $H_1(z)$

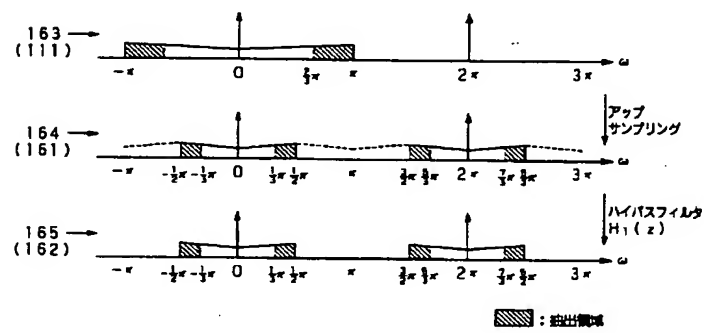
159 → (112) → 160

抽出帯域

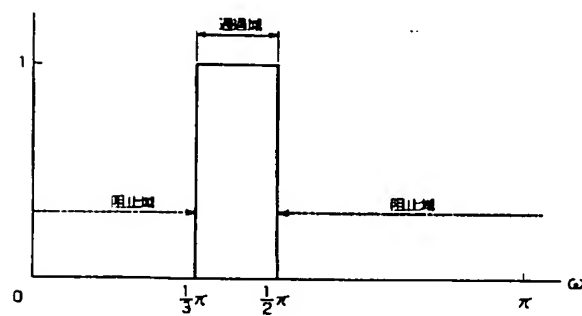
【図21】



【図22】



【図23】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5C059 KK08 KK11 MA24 MC01 MC11
MC31 MD02 ME02 ME11 PP01
PP12 PP27 RC33 SS10 SS12
SS15 SS23 SS24 SS26 UA06
UA12 UA13
5C078 BA53 CA14 DA00 DA02 DB04
DB05
5J064 AA02 BA09 BA13 BA16 BC02
BC12 BC15 BC16 BC18 BD02
BD03